

## PENERAPAN SISTEM PAKAR UNTUK PENGEMBANGAN STRATEGI PENGAMANAN WILAYAH PERBATASAN LAUT INDONESIA

Hozairi<sup>1</sup>, Ketut Buda Artana<sup>2</sup>, AA. Masroeri<sup>3</sup>, M. Isa Irawan<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Program Doktor, Jurusan Teknik Sistem & Pengendalian Kelautan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut  
Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya  
Jl. Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111  
Telp (031) 5936852, Fax (031) 5929797

<sup>2</sup>Promotor, Jurusan Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya

<sup>3</sup>Co-promotor, Jurusan Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya  
Jl. Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111  
E-mail: hozairi@na.its.ac.id

### ABSTRAK

Perbatasan Negara yang meliputi wilayah daratan dan perairan merupakan manifestasi utama kedaulatan bangsa yang memiliki nilai strategis dalam mendukung keberhasilan pembangunan Nasional. Ditinjau dari letak geografis, Negara Kesatuan Republik Indonesia (NKRI) berbatasan laut langsung dengan 10 negara tetangga yaitu: Australia, Malaysia, Philipina, Singapura, Thailand, Timor Leste, Papua New Guinea, Vietnam, India, dan Palau, kondisi ini membuat NKRI rentan terjadi pelanggaran wilayah perbatasan laut. Berdasarkan data FAO tahun 2009, kerugian NKRI tiap tahunnya akibat illegal fishing adalah  $\pm 30$  Triliun Rupiah, illegal logging adalah  $\pm 6.48$  Triliun Rupiah, untuk meminimalisasi kerugian Negara maka perlu adanya pengembangan strategi pengamanan wilayah perbatasan laut yang berbasis expert system sebagai tool manajemen pengambilan keputusan. Sistem pakar (expert system) secara umum adalah sistem yang berusaha mengadopsi pengetahuan manusia ke komputer, agar komputer dapat menyelesaikan masalah seperti yang biasa dilakukan oleh para ahli. Diharapkan dengan sistem ini, para militer yang bertugas di wilayah perbatasan laut Indonesia dapat menyelesaikan masalah yang "sedikit rumit", "rumit" ataupun "rumit sekali" tanpa bantuan para ahli, sedangkan untuk para ahli sistem ini bisa digunakan sebagai asisten yang berpengalaman. Aplikasi yang dikembangkan ini bertujuan untuk menentukan strategi pengamanan terhadap jenis-jenis gangguan yang terjadi di wilayah perbatasan laut Indonesia dengan memperhatikan tiga aspek ancaman yaitu: internal, eksternal dan internal-eksternal, dengan menggunakan pendekatan certainly factor (CP) kemungkinan gangguan dan ancaman terhadap wilayah perbatasan laut Indonesia akan didapatkan nilainya (strategi).

**Kata Kunci:** expert systems (ES), certainly factor (CP), Strategi pengamanan wilayah

### 1. PENDAHULUAN

#### 1.1 Latar Belakang

Negara kesatuan Republik Indonesia (NKRI) sebagai negara kepulauan (*Archipelagic State*) dengan jumlah pulau 17.504 dan panjang garis pantai 80.290 km serta 2/3 luas wilayah terdiri dari laut, memiliki wilayah yang berbatasan dengan 3 (tiga) negara tetangga yaitu : *Malaysia, Papua New Guinea, dan Timor Leste*. Sedangkan di kawasan laut Indonesia memiliki wilayah yang berbatasan dengan 10 (sepuluh) negara tetangga yaitu : *India, Thailand, Malaysia, Singapura, Vietnam, Philipina, Palau, Papua New Guinea, Australia dan Timor Leste*.

Nilai strategis kawasan perbatasan tersebut menuntut perhatian khusus dalam penataan ruang kawasan. Dalam penataan ruang nasional, kawasan perbatasan merupakan kawasan yang diprioritaskan untuk dikembangkan dengan mempertimbangkan bahwa Negara Kesatuan Republik Indonesia (NKRI) merupakan negara kepulauan terbesar di dunia, yang memiliki 17.504 pulau yang tersebar di lautan dengan luas 75% dari luas teritorial RI.

Isu keamanan laut cukup perlu perhatian serius. Isu keamanan laut tersebut meliputi ancaman kekerasan (pembajakan, perompakan dan sabotase serta teror obyek vital), ancaman navigasi (kekurangan dan pencurian sarana bantu navigasi), ancaman sumber daya (perusakan serta pencemaran laut dan ekosistemnya), dan ancaman kedaulatan dan hukum (penangkapan ikan secara ilegal, imigran gelap, eksporasi dan eksploitasi sumber kekayaan alam secara ilegal, termasuk pengambilan harta karun, penyelundupan barang dan senjata, serta penyelundupan kayu gelondongan melalui laut). Isu keamanan laut memiliki dimensi gangguan terhadap hubungan internasional Indonesia.

Berdasarkan data Internasional Maritime Bureau (IMB) Kuala Lumpur tahun 2001, dari 213 laporan pembajakan dan perompakan yang terjadi di perairan Asia dan kawasan Samudera Hindia, 91 kasus diantaranya terjadi di perairan Indonesia. Namun data pemerintah Indonesia yang dikeluarkan oleh TNI-AL, menyatakan bahwa selama tahun 2001 terjadi 61 kasus yang murni dikategorikan sebagai aksi pembajakan dan perompakan dengan lokasi tersebar di seluruh wilayah perairan Indonesia.

Meskipun terdapat perbedaan angka oleh kedua institusi tersebut, namun data tersebut menunjukkan bahwa keamanan perairan Indonesia pada dekade terakhir memiliki ancaman dan gangguan keamanan yang cukup serius dan perlu penanganan segera.

Internasional Maritime Organization (IMO) menyatakan bahwa aksi perompakan yang terjadi diperairan Asia Pasifik, khususnya kawasan Asia Tenggara adalah yang tertinggi di dunia. Pelaku perompakan tidak hanya menggunakan senjata tradisional, tetapi juga senjata api dan peralatan berteknologi canggih. Keamanan di laut merupakan masalah yang kompleks karena upaya untuk mengatasi perompakan di laut tidak dapat dilakukan hanya oleh satu negara saja, tetapi melibatkan berbagai negara dan organisasi internasional. Karena itu upaya mewujudkan keamanan di laut memerlukan kerja sama yang erat antar Negara serta sebuah tool aplikasi system pakar (*expert systems*) untuk mengembangkan strategi pengamanan wilayah perbatasan laut NKRI.

Sistem pakar adalah program komputer yang didesain untuk meniru kemampuan memecahkan masalah dari seorang pakar. Pakar adalah orang yang memiliki kemampuan atau mengerti dalam menghadapi suatu masalah. Lewat pengalaman, seorang pakar mengembangkan kemampuan yang membuatnya dapat memecahkan permasalahan dengan hasil yang baik dan efisien.

Ada 2 ciri utama dari seorang pakar yang dicoba untuk ditiru, yaitu: pengetahuan dan pemikiran/pertimbangan yang dimiliki pakar. Untuk mengerjakan ini, sistem harus mempunyai 2 modul utama, yaitu:

- [1]. **Knowledge base** berisi pengetahuan yang mengkhususkan pada area permasalahan seperti yang diberikan oleh seorang pakar. *Knowledge base* terdiri dari fakta-fakta yang dipersoalkan, *rules*, konsep-konsep, dan *relationships*.
- [2]. **Inference engine** adalah pengolah pengetahuan yang meniru pemikiran/pertimbangan dari pakar. Suatu *engine* bekerja dengan informasi yang tersedia pada permasalahan yang diberikan, bergandengan dengan pengetahuan yang disimpan pada *knowledge base*, untuk menarik kesimpulan atau rekomendasi.

## 1.2 Tujuan dan Manfaat

Kajian ini dimaksudkan untuk merancang *expert systems* yang mampu menjawab dan menganalisa permasalahan yang sering terjadi di wilayah perbatasan laut NKRI seperti seorang pakar. Tujuannya untuk memudahkan Pemerintah Indonesia menyusun strategi pengamanan wilayah batas laut Indonesia dari berbagai masalah dan ancaman baik dari internal dan eksternal secara cepat dan cerdas.

Manfaat yang diharapkan dari perancangan *expert systems* ini adalah meningkatkan dan

mengembangkan strategi pengamanan batas laut Indonesia dan memudahkan pihak militer untuk belajar beberapa strategi penanganan masalah perbatasan laut Indonesia dari beberapa ancaman yang sudah ada di database.

## 1.3. Ruang Lingkup

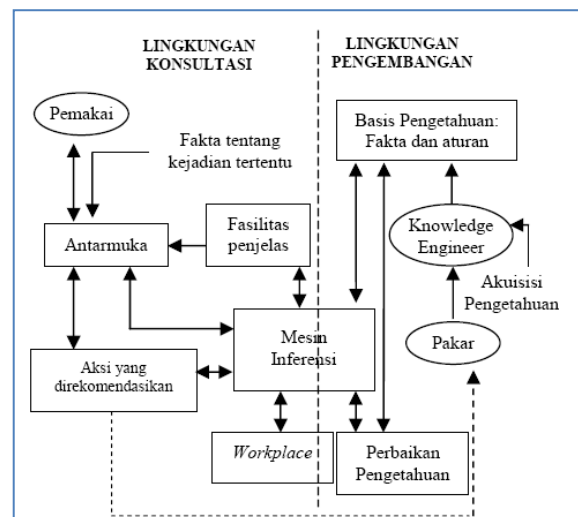
Penelitian ini dibatasi pada proses pemilihan strategi keputusan dari beberapa masalah yang pernah terjadi di wilayah perbatasan laut Indonesia. Metode yang digunakan adalah penerapan system pakar dengan pendekatan *certainly factor* hal ini dipilih untuk mengakomodasi ketidakpastian pemikiran (*inexact reasoning*) seorang pakar.

## 2. DASAR TEORI

### 2.1 Sistem Pakar

Sistem pakar kalau ditinjau dari beberapa aspek, di definisikan sebagai berikut:

- a. Implementasi kecerdasan sang pakar berbasis kode komputer (*code base skill implementation*), menggunakan teknik-teknik tertentu dengan bantuan database atau tidak.
- b. Suatu bidang dari ilmu kecerdasan buatan dalam kaitannya dengan sistem pendukung keputusan yang dirancang dengan memasukkan unsur-unsur keahlian dari satu pakar atau beberapa orang pakar kedalam suatu konsep terprogram (*code base concept*) dalam rangka pengambilan keputusan.
- c. Sistem perangkat lunak computer yang menggunakan ilmu, fakta dan teknik berfikir dalam pengambilan keputusan untuk menyelesaikan masalah-masalah yang biasanya hanya dapat diselesaikan oleh tenaga ahli di bidang masing-masing.



Gambar 1. Struktur sistem pakar

Sistem pakar terdiri dari beberapa komponen sebagai berikut:

- a. Basis Pengetahuan (Knowledge Base)
- b. Basis Data (Database)
- c. Mesin Inferensi (Inference Enggine)

#### d. Antar muka Pemakai (User Interface)

Sistem pakar biasanya mempunyai beberapa ciri, diantaranya:

- Bekerja secara sistematis berdasarkan pengetahuan dan mekanisme tertentu.
- Pengambilan keputusan berdasarkan kaidah-kaidah tertentu dan dapat merespons masukan user.
- Dapat menalar data-data yang tidak pasti dan memberikan beberapa alasan pemilihan.
- Dikembangkan secara bertahap dan terbatas pada bidang keahlian tertentu saja.
- Outputnya berupa saran atau anjuran.

Berdasarkan kegunaannya sistem pakar di klasifikasikan menjadi 6 (enam) jenis yaitu:

- Diagnosis
- Pengajaran
- Interpretasi
- Prediksi
- Perencanaan

## 2.2 Teori Certainty Faktor

Dalam menghadapi suatu permasalahan sering ditemukan jawaban yang tidak memiliki kepastian penuh. Ketidakpastian ini dapat berupa probabilitas atau kebolehjadian yang tergantung dari hasil suatu kejadian. Hasil yang tidak pasti disebabkan oleh dua faktor, yaitu aturan yang tidak pasti dan jawaban pengguna yang tidak pasti atas suatu pertanyaan yang diajukan oleh sistem. Hal ini sangat mudah dilihat pada sistem diagnosis penyakit, dimana pakar tidak dapat mendefinisikan hubungan antara gejala dengan penyebabnya secara pasti, dan pasien tidak dapat merasakan suatu gejala dengan pasti pula. Pada akhirnya akan ditemukan banyak kemungkinan diagnosis.

Sistem pakar harus mampu bekerja dalam ketidakpastian. Sejumlah teori telah ditemukan untuk menyelesaikan ketidakpastian, termasuk diantaranya probabilitas klasik, probabilitas bayes, teori hartley berdasarkan himpunan klasik, teori shannon berdasarkan pada probabilitas, teori Depmster-Shafer, teori fuzzy Zadeh, dan faktor kepastian (*certainty factor*).

Faktor kepastian (*Certainty Factor*) diperkenalkan oleh *Shortliffe Buchanan* dalam pembuatan MYCIN (Kusumadewi, 2003). *Certainty Factor* (CF) merupakan nilai parameter klinis yang diberikan MYCIN untuk menunjukkan besarnya kepercayaan. *Certainty Factor* (CF) menunjukkan ukuran kepastian terhadap suatu fakta atau aturan.

Teori ini berkembang bersamaan dengan pembuatan sistem pakar MYCIN. Team pengembang MYCIN mencatat bahwa dokter sering kali menganalisa informasi yang ada dengan ungkapan seperti misalnya: mungkin, kemungkinan besar, hampir pasti. Untuk mengakomodasi hal ini tim MYCIN menggunakan *certainty factor* (CF) guna menggambarkan tingkat keyakinan pakar terhadap

permasalahan yang sedang dihadapi [1]. Secara umum, rule direpresentasikan dalam bentuk sebagai berikut:

$$\begin{aligned} &\text{IF } E_1[\text{AND/OR}] E_2[\text{AND/OR}] \dots E_n \\ &\text{THEN } H \text{ (CF=CF}_i\text{)} \end{aligned} \quad (1)$$

dimana:

- $E_1 \dots E_n$  : adalah fakta-fakta yang ada  
 $H$  : Hipotesa atau konklusi yang dihasilkan  
 $CF$  : Tingkat keyakinan (certainly factor) terjadinya hipotesa  $H$  akibat adanya fakta-fakta  $E_1$  s/d  $E_n$

Rumus yang diusulkan untuk menentukan CF-Rule adalah sebagai berikut:

$$CF_{Rule} = 1 - \left\{ \sum_{j=1}^i \frac{n_j}{m} \right\} + \frac{1}{m} \quad (2)$$

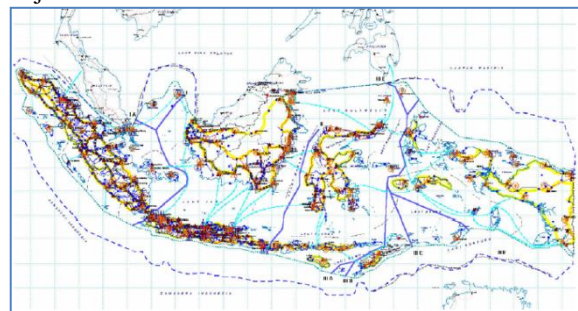
dimana:

- $n$  : Jumlah penggunaan fakta (var.premis) tertentu pada semua rule yang ada  
 $j$  : Banyaknya premis yang digunakan pada sebuah rule yang dihitung CF-Rule-nya  
 $m$  : Jumlah rule yang digunakan

## 2.3 Definisi Strategi Pengamanan Wilayah Perbatasan Laut Indonesia

Secara umum definisi strategi adalah proses penentuan rencana para pemimpin puncak yang berfokus pada tujuan jangka panjang organisasi, disertai penyusunan suatu cara atau upaya bagaimana agar tujuan tersebut dapat dicapai.

Secara khusus definisi strategi merupakan tindakan yang bersifat *incremental* (senantiasa meningkat) dan terus-menerus, serta dilakukan berdasarkan sudut pandang tentang apa yang diharapkan oleh para user di masa depan. Dengan demikian, strategi hampir selalu dimulai dari apa yang dapat terjadi dan bukan dimulai dari apa yang terjadi.



Gambar 2. Peta wilayah perbatasan laut Indonesia

Perumusan strategi merupakan proses penyusunan langkah-langkah kedepan untuk membangun visi dan misi pengaman terhadap wilayah perbatasan laut Indonesia. Beberapa langkah yang perlu dilakukan oleh Pemerintah untuk menyusun strategi, yaitu:

- Mengidentifikasi lingkungan terutama Negara tetangga yang berbatasan laut dengan Indonesia.

- b. Melakukan analisis lingkungan internal dan eksternal untuk mengukur kekuatan dan kelemahan serta peluang dan ancaman yang akan dihadapi oleh Pemerintah dalam menjalankan misinya.
- c. Merumuskan faktor-faktor ukuran keberhasilan (*key success factors*) dari strategi-strategi yang dirancang berdasarkan analisis sebelumnya.
- d. Menentukan tujuan dan target terukur, mengevaluasi berbagai alternatif strategi dengan mempertimbangkan sumberdaya yang dimiliki dan kondisi eksternal yang dihadapi.
- e. Memilih strategi yang paling sesuai untuk mencapai tujuan jangka pendek dan jangka panjang.

### 3. PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI

#### 3.1 Perancangan Basis Pengetahuan

Dalam perancangan basis pengetahuan ini digunakan kaidah produksi sebagai sarana untuk representasi pengetahuan. Kaidah produksi dituliskan dalam bentuk pernyataan **JIKA** [premis] **MAKA** [konklusi]. Pada perancangan basis pengetahuan sistem pakar ini premis adalah gejala-gejala pelanggaran yang terlihat pada wilayah perbatasan laut Indonesia dengan Negara tetangga dan konklusi adalah jenis gangguan dan ancaman yang diterima oleh batas wilayah laut Indonesia, sehingga bentuk pernyataannya adalah **JIKA** [gejala] **MAKA** [gangguan].

Bagian premis dalam aturan produksi dapat memiliki lebih dari satu proposisi yaitu berarti pada sistem pakar ini dalam satu kaidah dapat memiliki lebih dari satu gejala. Gejala-gejala tersebut dihubungkan dengan menggunakan operator logika **DAN**. Bentuk pernyataannya adalah:

**JIKA** [gejala 1]  
**DAN** [gejala 2]  
**DAN** [gejala 3]  
**MAKA** [gangguan]

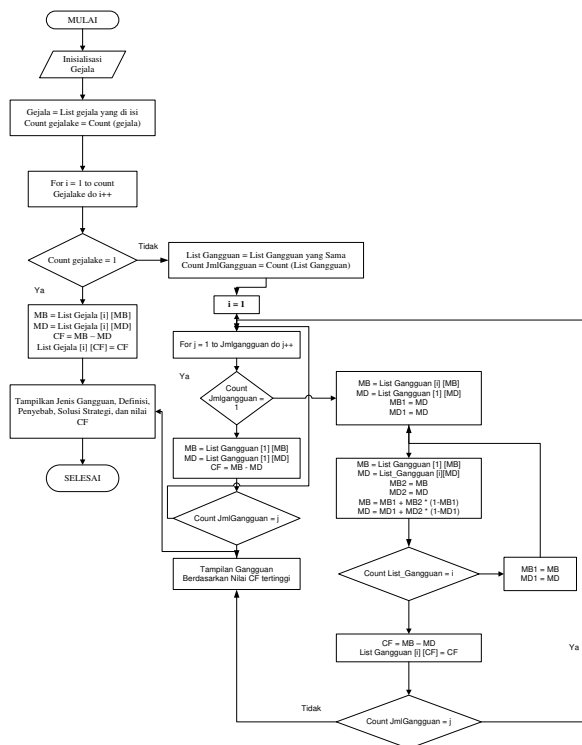
Adapun contoh kaidah Sistem Pakar untuk pengembangan strategi pengamanan wilayah batas laut Indonesia adalah sebagai berikut:

**JIKA** *Penyelesaian batas laut belum selesai*  
**DAN** *Belum adanya inventarisasi batas laut*  
**DAN** *Sumber daya alam di wilayah perbatasan melimpah*  
**MAKA** *Konflik pelanggaran batas wilayah laut akan sering terjadi*

Berdasarkan contoh kaidah pengetahuan diatas maka kaidah tersebut dapat disimpan dalam bentuk sebuah tabel sehingga dapat lebih mudah untuk di mengerti. Dimana pada tabel tersebut terdapat kolom jenis gangguan/ancaman yang menjelaskan tentang definisi, penyebab, dan strategi-nya.

#### 3.2 Perancangan Mesin Inferensi

Metode penalaran yang digunakan dalam sistem adalah penalaran pelacakan maju (*Forward Chaining*) yaitu dimulai dari sekumpulan fakta-fakta tentang suatu gejala yang diberikan oleh pengguna sebagai masukan sistem, untuk kemudian dilakukan pelacakan sampai tujuan akhir berupa diagnosis kemungkinan jenis gangguan yang terjadi di wilayah perbatasan laut Indonesia dan penjelasan tentang jenis gangguan yang terjadi di setiap perbatasan serta strategi untuk mengatasinya. Dalam proses penarikan kesimpulan dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Flowchart Sistem Pakar Strategi Pengamanan Perbatasan Laut Indonesia

#### 3.3 Implementasi Perangkat Lunak

Sistem Pakar pengembangan strategi pengamanan perbatasan laut Indonesia, dalam implementasinya dibatasi pada tambah, update dan delete data pelanggaran perbatasan laut, pakar, gejala, gangguan, pengetahuan, dan berita. Implementasinya terdiri dari beberapa halaman yang memiliki fungsi sendiri-sendiri. Halaman-halaman tersebut akan tampil secara berurutan sesuai dengan urutan yang telah terprogram, setelah pengguna melakukan proses tertentu.

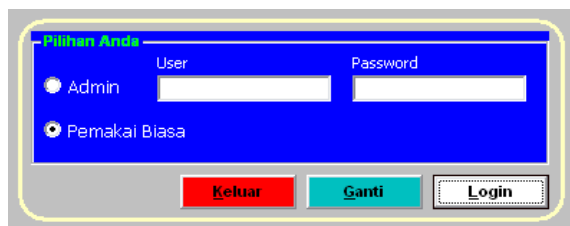
### 4. PEMBAHASAN

#### 4.1. Pengujian sistem

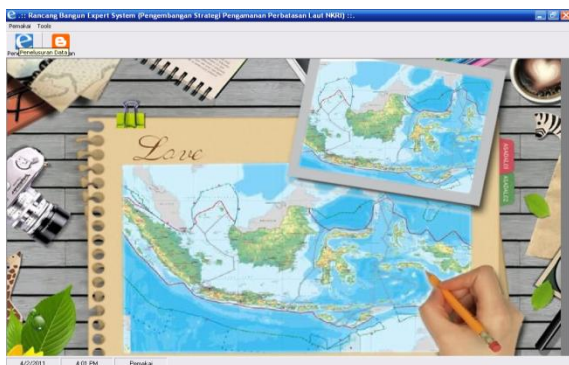
Pengujian sistem dilakukan untuk mengetahui kesamaan hasil akhir atau *output* yang berupa kemungkinan jenis gangguan yang dihasilkan oleh sistem, dengan yang dihasilkan oleh perhitungan secara manual. Untuk mengetahui hasil *output* dari sistem harus melakukan konsultasi terlebih dahulu

yang kemudian memasukkan gejala-gejala yang pelanggaran yang ditemukan di wilayah perbatasan laut Indonesia kemudian setelah selesai melakukan update maka akan muncul halaman hasil strategi yang akan menampilkan kemungkinan jenis pelanggaran yang terjadi dan mampu memberikan strategi solusi apa yang harus dilakukan oleh Pemerintah untuk mengatasi permasalahan tersebut. Pengujian kebenaran sistem dilakukan dengan melakukan beberapa ujicoba diantaranya sebagai berikut:

- [1]. User
- [2]. Admin



Gambar 4. Halaman Pilihan Pemakai



Gambar 5. Halaman Utama Sistem Pakar

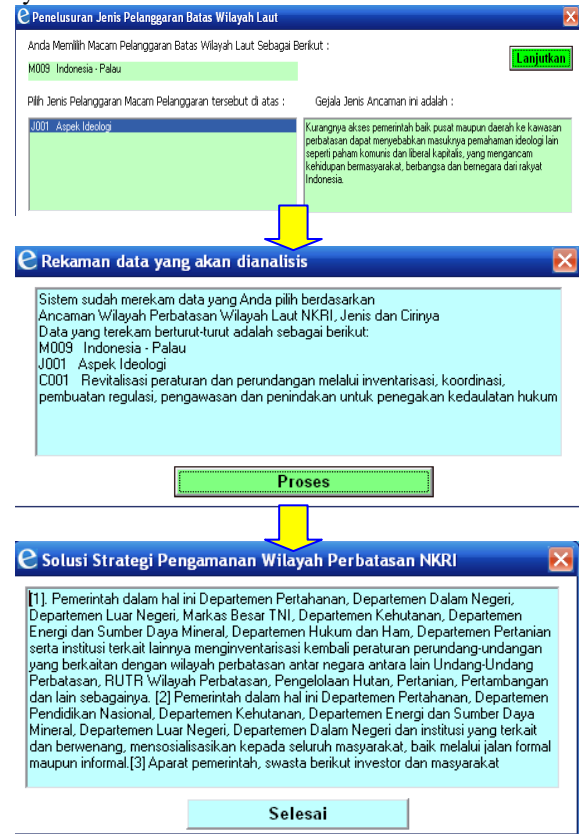
#### 4.2. Pengujian User

Aplikasi user digunakan bagi pengguna biasa, dimana mereka hanya bisa menggunakan dan tidak bisa melakukan perubahan pada system yang telah dibangun. Pihak user disini adalah para prajurit yang bertugas di wilayah perbatasan, mereka bisa menggunakan aplikasi ini untuk proses simulasi pembelajaran tentang macam-macam ancaman yang sering terjadi di lapangan tanpa di damping oleh pakar/pimpinan.



Gambar 6. Penelusuran ancaman wilayah perbatasan

Sistem user ini hanya bisa melakukan beberapa simulasi sesuai dengan pengetahuan seorang pakar yang telah ada didalam computer, semakin banyak para pakar memasukkan pengetahuannya maka system ini akan semakin cerdas.



Gambar 7. Simulasi Penelusuran Pengguna

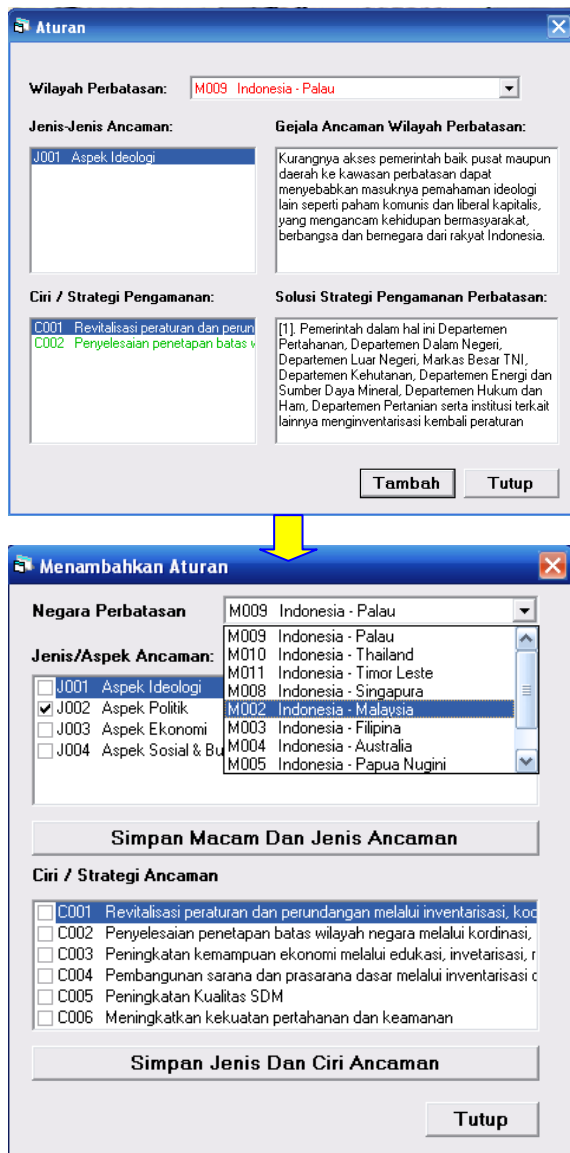
Hasil penelusuran ini dipilih berdasarkan wilayah perbatasan, jenis ancaman yang akan terjadi, gejala ancaman, strategi pengamanan dan beberapa solusi yang direkomendasikan.

#### 4.3. Pengujian Admin

Sistem admin/pakar berfungsi sebagai data master untuk mengisi pengetahuan seorang pakar berdasarkan wilayah perbatasan laut Indonesia ditinjau dari ciri ancaman dan gejalanya serta strategi solusi penanganannya. Komandan atau pimpinan militer berfungsi sebagai pakar yang akan menjawab beberapa pertanyaan dari system yang telah dirancang, seperti terlihat dibawah ini:







Gambar 8. Simulasi proses penambahan aturan

Berdasarkan hasil percobaan yang telah dilakukan, system pakar telah mampu menjawab beberapa permasalahan di wilayah perbatasan dengan Negara-negara tetangga, system ini diharapkan membantu para pengambil keputusan untuk selalu belajar dari beberapa kejadian yang pernah terjadi di wilayah perbatasan dengan mengembangkan strategi yang pernah diterapkan untuk dikembangkan menjadi beberapa solusi yang bisa dipilih.

## 5. KESIMPULAN

Aplikasi sistem pakar yang dibuat ini mampu menganalisis jenis ancaman di wilayah perbatasan laut Indonesia yang berdasarkan gejala-gejala yang dimasukkan oleh user. Aplikasi mampu menyimpan representasi pengetahuan pakar berdasarkan nilai kebenaran dan nilai ketidakbenaran. Aplikasi system pakar ini sudah dapat menjelaskan definisi jenis ancaman di wilayah perbatasan, penyebab, dan pengobatannya.

Kekurangan dari aplikasi ini adalah belum adanya pengelompokan ancaman-ancaman sejenis yang hanya boleh dipilih satu dari kelompok ancaman tersebut. Akibatnya, jika user kurang teliti dalam memilih ancaman, maka sistem akan memberikan kesimpulan yang kurang benar.

## PUSTAKA

- Anonymous., (2004). *Kajian Manajemen Wilayah Perbatasan Negara*. Jakarta. Pusat Kajian Administrasi Internasional Lembaga Administrasi Negara.
- Eddy., Sianturi., Nafsiah. (2007). *Strategi Pengembangan Perbatasan Wilayah Kedaulatan NKRI*. Puslitbang Strahan Balitbang Dephan
- Hozairi., (2010). *Implementasi Algoritma Genetika Untuk Optimasi Penempatan Armada Kapal Patroli TNI AL di Kawasan Timur Indonesia Dalam Rangka Mengamankan Kedaulatan NKRI*. Surabaya. Proceeding Seminar Nasional Pasca Sarjana ITS
- Kusumadewi, S. (2003). *Artificial Intelligence (Teknik dan Aplikasinya)*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Marimin. (2002). *Teori dan Aplikasi Sistem Pakar Dalam Teknologi Manajerial*. IPB Press, Bogor.
- IDSPS., (2009). *Pengelolaan dan Pengamanan Wilayah Perbatasan NKRI*. Jakarta, Institute For Defence, Security and Peace Studies.
- Rohman.F.F., Fauziyah.A. (2008). *Rancang Bangun Aplikasi Sistem Pakar Untuk Menentukan Jenis Gangguan Perkembangan Anak*. Yogyakarta, Media Informatika.